

**М.Г. ЄМЕЛЬЯНЕНКО**, канд. техн. наук, проф., Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури,  
**О.Ю. КРОТ**, канд. техн. наук, доц., Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури,  
**А.В. СУПРЯГА**, аспірант, Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури,  
**Н.П. ЧИЖИКОВА**, магістр, Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури

## **РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВІБРОПРЕСУ**

Викладені результати експериментальних досліджень вібропресу для формування дрібноштучних бетонних виробів. Приведені приклади діаграм коливань матриці та пуансону. Дана графічна інтерпретація рівняння регресії, що отримано на основі трьохфакторного експерименту.

Изложенные результаты экспериментальных исследований вибропресса для формирования мелкоштучных бетонных изделий. Приведенные примеры диаграмм колебаний матрицы и пуансону. Данная графическая интерпретация уравнения регрессии, которая получено на основе трехфакторного эксперимента.

Results of experimental researches of a press for formation of smallpiece concrete products are stated. Instances of diagrams of oscillations of a matrix and the puncheon are resulted. Graphical interpretation of the equation of the regression, gained on a basis three factorial experiment is given.

**Суть питання.** Дослідження залежностей амплітуд коливань робочих органів вібропресу (матриці та пуансона) від частоти [1], визначення рівняння регресії щодо оцінки міцності бетонних виробів в залежності від частоти коливань, часу процесу пресування і статичного тиску на суміш.

**Мета досліджень.** Вивчення впливу параметрів вібрації та пресування на ефективність ущільнення бетонної суміші і уточнення методики розрахунку параметрів формуючого агрегату на основі аналізу рівняння регресії щодо визначення міцності бетонних виробів.

**Обладнання.** Експериментальний стенд вібропреса та частотний перетворювач Altivar 28 для асинхронних двигунів.

Реєстрацію і обробку параметрів коливань вібропресу виконувалось з використанням тензовимірювальної системи (рис. 1).

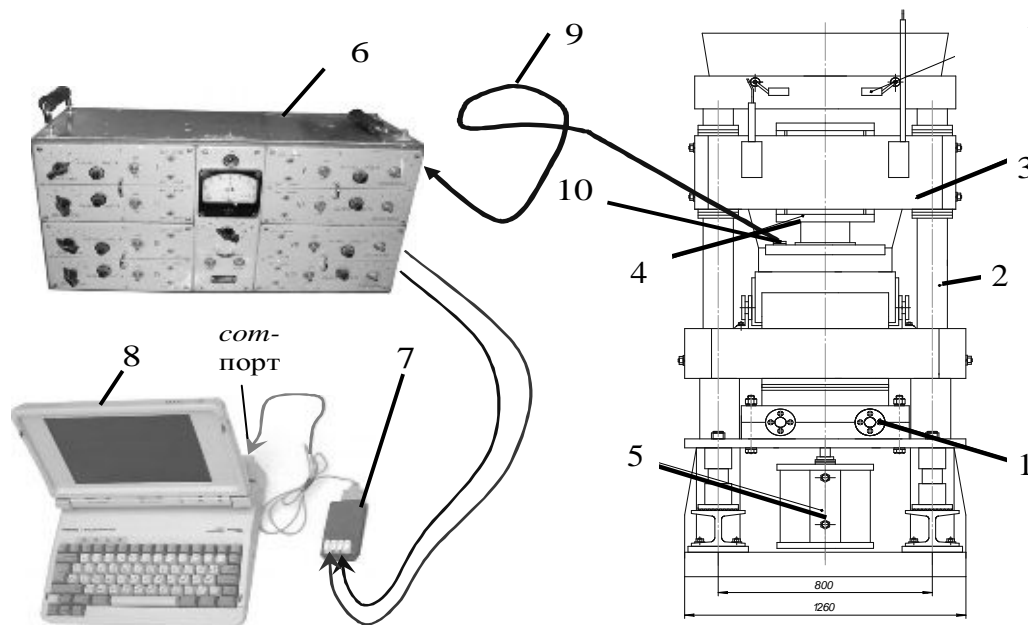


Рис. 1. Експериментальне обладнання та апаратура:

- 1 – вібропривод; 2 – стійка; 3 – траверса; 4 – гідроциліндр статичного тиску;  
 5 – гідроциліндр виштовхування виробів; 6 – тензопідсилювач;  
 7 – аналого-цифровий перетворювач; 8 – ЕОМ; 9 – екранований трьохжильний кабель;  
 10 – тензодатчик.

Аналого-цифровий перетворювач, розроблений і виготовлений на кафедрі механізації будівельних процесів; ЕОМ з вільним СОМ-портом; тензодатчик у вигляді тензобалки з двома наклеєними тензорезисторами, з'єднаними напівмостовою схемою [2].

**Результати тензометричних досліджень.** Зроблено запис діаграми коливань вібропресу на матриці і пуансоні (рис. 2) з ввімкненим нижнім вібратором при частотах 20, 40 та 65 Гц.



Рис. 2. Запис діаграм коливань на матриці та пуансоні

Приклад діаграми коливань матриці та пуансона при частоті 65 Гц зображено на рис. 3 та рис. 4 відповідно.

Масштаби для матриці  $\mu = 2,7$  мм / одиницю вертикальної шкали.

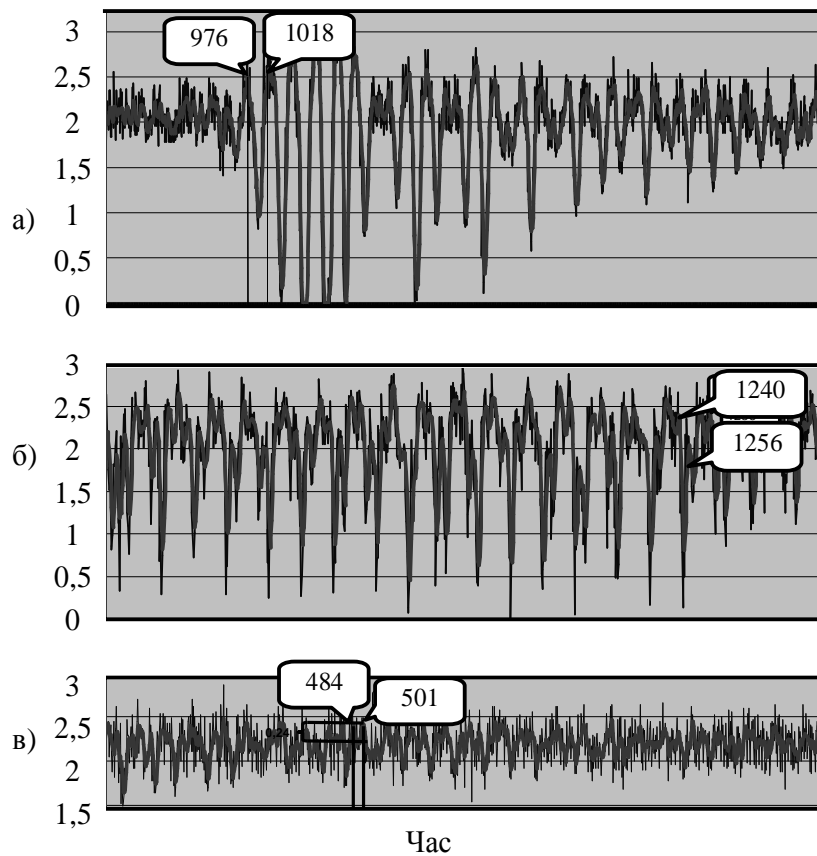


Рис. 3. Фрагменти діаграми коливань матриці при робочій частоті 65 Гц:  
а) розгін; б) резонанс; в) режим, що встановився.

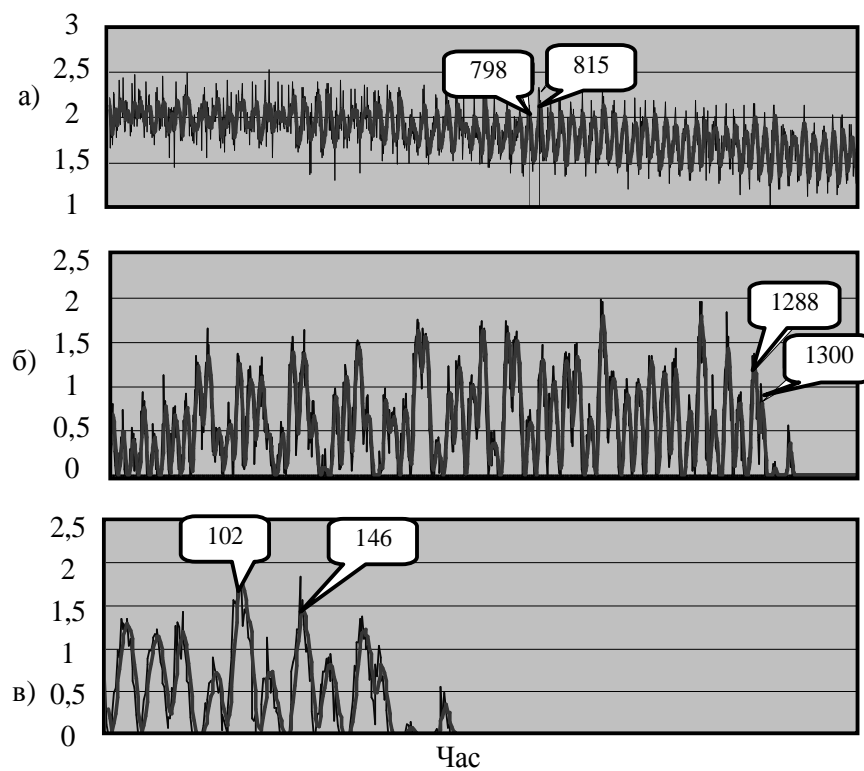


Рис. 4. Фрагменти діаграми коливань пуансона при робочій частоті 65 Гц:  
а) розгін; б) резонанс; в) режим, що встановився.

Амплітуда коливань матриці: у резонансі  $A = 1,25 \cdot 2,7 = 3,3$  мм; при усталеному режимі  $A = 0,25 \cdot 2,7 = 0,7$  мм.

Масштаб для пуансона  $\mu = 4,4$  мм / одиницю вертикальної шкали.

Амплітуда коливань пуансона: у резонансі  $A = 0,42 \cdot 4,4 = 1,85$  мм; при усталеному режимі  $A = 0,125 \cdot 4,4 = 0,55$  мм.

**Експерименти по визначенню міцності зразків на стиск.** Оцінку ефективності процесу вібропресування проводили по міцності на стиск зразків, виготовлених з активованої в барабанно-валковому активаторі (БВА) піщано-цементної суміші. Міцність, визначена роздавлюванням на гідропресі після витримування зразків у природних умовах на протязі 7 діб, приймалась як функція відгуку. Міцність на 7-му добу твердіння становить 60 – 70 % міцності через 28 діб після формування.

**Проведення однофакторного експерименту.** З метою вивчення впливу частоти коливань на міцність виробів із активованого цементно-піщаного бетону було проведено експеримент (табл. 1). Частота віброзбуджувача змінювалась за допомогою перетворювача частоти для асинхронних двигунів.

Усі інші фактори, крім частоти підтримувались на сталому заданому рівні: 6 % ЦМ500; тривалість активації – 2 хв.; В/Ц суміші = 0,3; статичний момент маси дебалансів віброзбуджувача  $S_d = 0.0086$  кг·м; тривалість вібропресування – 5 с; тиск вібропресування – 0,1 МПа при амплітуді коливань 0,8 мм.

**Аналіз проведеного однофакторного експерименту.** При зростанні частоти від 50 до 65 Гц міцність виробів зростає з 10,6 до 18,4 МПа. Отримані результати ще раз підтверджують збільшення коефіцієнта ущільнення при зростанні частоти.

Таблиця 1

Результати проведення експерименту

Частота, Гц	Міцність, МПа	Щільність, кг / м <sup>3</sup>	Марка
50	10,6	1969	106
55	12,2	2060	122
60	15,5	2166	155
65	18,4	2130	184

**Проведення трьохфакторного експерименту.** Із метою більш глибокого вивчення закономірностей вібропресування бетонних виробів був проведений 3-х факторний експеримент.

Досліджувався вплив на міцність таких факторів: частота, час вібропресування та пресовий тиск.

Склад суміші: 84 % піску, 6 % ЦМ500 та  $W \approx 10\%$ . Тривалість активації суміші, з питомим зусиллям притискання валка 80 Н / мм, підтримувалась на рівні – 60 с.

У табл. 2 приведені координати центра плану, інтервали варіювання й рівні факторів.

Таблиця 2

Основні характеристики плану 3-х факторного експерименту

Характеристики	Частота $f$ , Гц	Час $t$ , сек	Пресовий тиск $q$ , МПа
Основний рівень	52,5	7	0,067
Інтервал варіювання	9,0	2	0,023
Верхній рівень	61,5	9	0,090
Нижній рівень	43,5	5	0,043
Зоряні точки	40,0	4,2	0,034
	65,0	9,8	0,099

**Результати експерименту.** Обробка результатів 3-х факторного експерименту з метою визначення рівнянь регресії, а також перевірки їх адекватності проводилися у пакеті “Scilab” за допомогою спеціально розробленої програми. Отримано наступне рівняння регресії :

$$Y = 7.718 + 3.328 \cdot x_1 + 0.1 \cdot x_2 - 1.154 \cdot x_3 + 1.687 \cdot x_1^2 - 0.229 \cdot x_2^2 - 0.38 \cdot x_3^2 + 0.642 \cdot x_1 \cdot x_2 + 1.242 \cdot x_2 \cdot x_3 + 0.408 \cdot x_1 \cdot x_3 + 1.492 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$$

На рис. 5 приведено графічну інтерпретацію рівняння регресії.

Простежений вплив кожного з 3-х факторів:

а) при знаходженні на основному рівні часу ущільнення  $x_2 = 0$  ( $t = 7$  с) і статичного тиску  $x_3 = 0$  ( $q = 0.067$  МПа) та при зростанні частоти  $x_1$  від -1 до +2 (від  $f = 43,5$  Гц до  $f = 70,5$  Гц) міцність зростає приблизно від 5 до 22 МПа; при цьому вплив часу у діапазоні зміни від  $x_2 = 0$  до  $x_2 = 2$  (від  $t = 7$  до  $t = 11$  с) і вплив тиску у діапазоні зміни від  $x_3 = 0$  до  $x_3 = 2$  (від  $q = 0,067$  до  $q = 0,113$  МПа) несуттєві;

б) при знаходженні на основному рівні частоти ущільнення  $x_1 = 0$  ( $f = 52,5$  Гц) і статичного тиску  $x_3 = 0$  ( $q = 0,067$  МПа) та при зростанні часу  $x_2$  від -1 до +2 (від  $t = 5$  с до  $t = 11$  с) міцність спочатку ледве зростає до 8 МПа, а потім зменшується; при цьому вплив частоти у діапазоні зміни від  $x_1 = 0$

до  $x_1 = 2$  (від  $f = 52,5$  Гц до  $f = 70,5$  Гц) різко збільшує міцність виробів з 8 до 22 МПа, а вплив тиску у діапазоні зміни від  $x_3 = 0$  до  $x_3 = 2$  (від  $q = 0,067$  до  $q = 0,113$  МПа) спочатку зменшує, а потім стабілізує міцність виробів на досить низькому рівні.

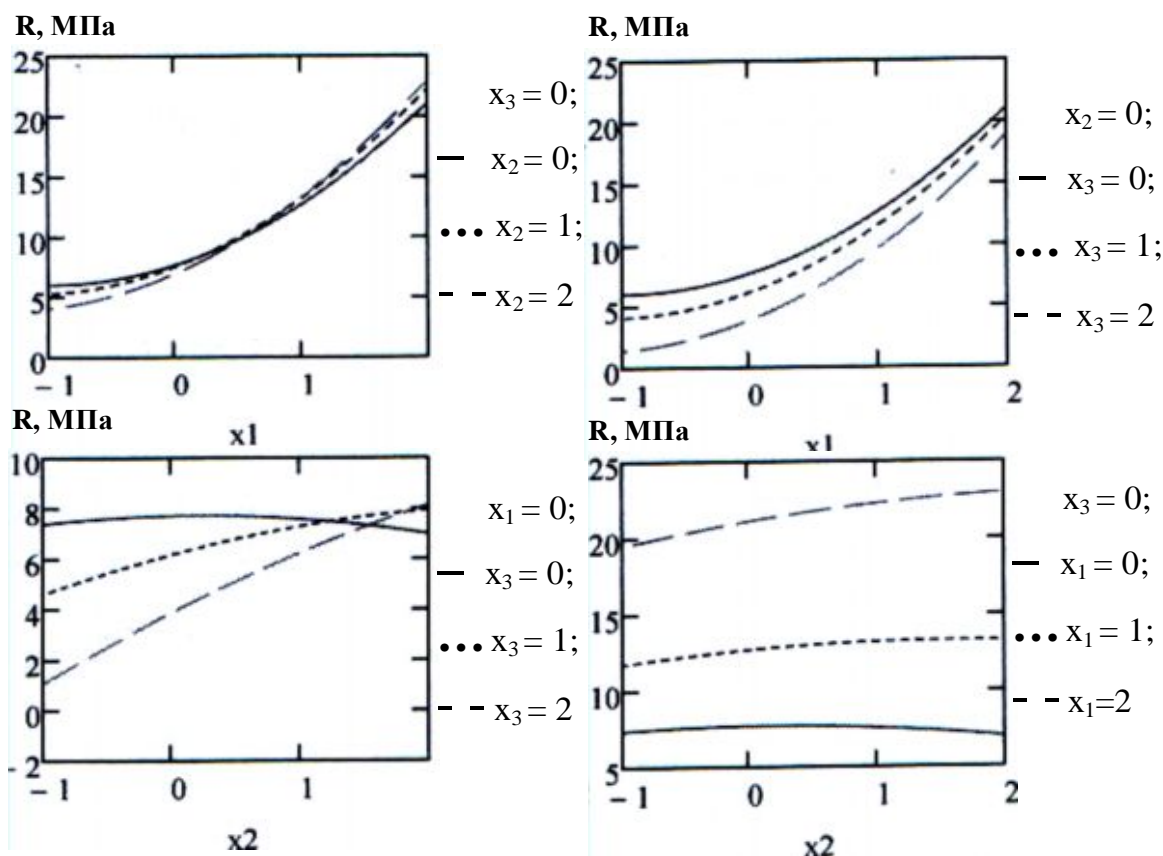


Рис. 5. Графічна інтерпретація результатів факторного експерименту та аналізу рівняння регресії

### Висновок.

Проведені експериментальні дослідження, по визначенню залежності амплітуди коливання робочих органів вібропресу від частоти, та впливу основних параметрів віброущільнення бетонної суміші на міцність бетонних виробів дають можливість уточнення методики розрахунку параметрів формуючого агрегату на основі аналізу рівняння регресії щодо визначення міцності бетонних виробів.

**Список літератури:** 1. Емельяненко Н.Г. Экспериментальные исследования параметров двухмассного вибропресса для формирования бетонных изделий / Н.Г. Емельяненко, Л.В. Саенко // Вісник НТУ «ХПІ». – 2005. – № 25. – С. 129 – 133. 2. Крот О.Ю. Измерительная система для определения давления прокатки материала под валком с применением аналого-цифрового преобразователя / [О.Ю. Крот, О.Г. Савченко, В.И. Праведников и др] // Науковий вісник будівництва. – 2006. – Вип. 24. – С. 159 – 164.